



(19)

REPUBLIK  
ÖSTERREICH  
Patentamt

(10) Nummer:

AT 409 550 B

(12)

# PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: A 652/2001  
(22) Anmeldetag: 23.04.2001  
(42) Beginn der Patentdauer: 15.01.2002  
(45) Ausgabetag: 25.09.2002

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>: G01L 1/16  
G01L 9/08, H01L 41/053

(73) Patentinhaber:  
AVL LIST GMBH  
A-8020 GRAZ, STEIERMARK (AT).  
(72) Erfinder:  
WALLNÖFER WOLFGANG MAG. DR.  
GRAZ, STEIERMARK (AT).  
GLASER JOSEF DR.  
GRAZ, STEIERMARK (AT).

## (54) PIEZOELEKTRISCHE VORRICHTUNG

AT 409 550 B

(57) Die Erfindung betrifft eine piezoelektrische Vorrichtung mit zumindest einem piezoelektrischen Element (2), welches in der Kontaktalebene (4) zu zumindest einem Auflageelement (3) eine anisotrope thermische Ausdehnung aufweist, so dass in einer Richtung der Kontaktalebene ein maximaler Ausdehnungsunterschied zwischen dem piezoelektrischen Element (2) und dem Auflageelement (3) besteht. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass zwischen dem piezoelektrischen Element (2) und dem Auflageelement (3) mindestens ein Anpassungselement (5) angeordnet ist, dessen anisotrope thermische Ausdehnung in der Ebene seiner beiden Kontaktflächen (6) - zumindest in der Richtung der maximalen Ausdehnungsunterschiede - zwischen jener des piezoelektrischen Elementes (2) und des Auflageelementes (3) liegt.

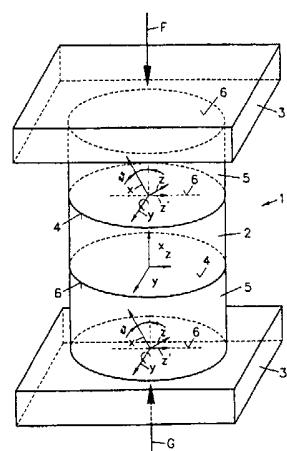


Fig. 1

Die Erfindung betrifft eine piezoelektrische Vorrichtung mit zumindest einem piezoelektrischen Element, welches in der Kontakt ebene zu zumindest einem Auflageelement eine anisotrope thermische Ausdehnung aufweist, so dass in einer Richtung der Kontakt ebene ein maximaler Ausdehnungsunterschied zwischen dem piezoelektrischen Element und dem Auflageelement besteht.

5 Bei der Verwendung von piezoelektrischen Kristallelementen, beispielsweise für piezoelektrische Messelemente (Sensoren) oder piezoelektrischen Ultraschallwandlern, kann an den Kontaktflächen zwischen dem Kristallmaterial und den angrenzenden Auflageelementen - beispielsweise zur Krafteinleitung bei Druckwandlern - eine nachteilige Querspannung auftreten, welche aus dem anisotropen Wärmedehnungsverhalten vieler Kristallmaterialien resultiert.

10 In einem Drucksensor, welcher den longitudinalen Piezoeffekt ausnützt, werden beispielsweise mehrere scheibenförmige piezoelektrische Elemente aufeinander gestapelt, wobei die kristallographische x-Achse parallel zur Flächennormale der einzelnen Elemente steht und auch die Krafteinleitung parallel zur x-Achse erfolgt. Die optische z-Achse spannt mit der y-Achse des Kristallelementes eine Ebene auf, welche parallel zu den Kontaktflächen ausgerichtet ist. Nun weist beispielweise Quarz in der y- und der z-Achse verschiedene Ausdehnungskoeffizienten auf. Um Schubspannungen innerhalb eines Stapsels piezoelektrischer Elemente zu vermeiden, werden gemäß AT 271.947 B alle Elemente so angeordnet, dass ihre y- und z-Achsen in die gleiche Richtung weisen, sich also decken. Da alle piezoelektrischen Elemente des Stapsels aus dem gleichen Material bestehen und bezüglich ihrer Achsen gleich ausgerichtet sind, entsteht in dem zusammengesetzten Messelement keine Scher- bzw. Schubspannung aufgrund unterschiedlicher thermischer Ausdehnung in unterschiedlichen Achsrichtungen, allerdings werden derartige Spannungen dann hervorgerufen, wenn der Messelementstapel zwischen krafteinleitende Auflageelemente eingebaut wird. Aus der AT 271.947 B ist es nun bekannt, zwischen dem Messelementstapel und den Auflageelementen aus isotropem Material eine sogenannte Ableit- bzw. Deckplatte einzufügen, die aus dem selben Material wie die piezoelektrischen Elemente bestehen, welche allerdings durch aufgedampfte Metallschichten elektrisch kurzgeschlossen sind. Dadurch können störende Ladungsanteile, hervorgerufen durch auftretende Quer- und Schubspannungen, weitgehend vermieden werden. Nachteilig bei dieser Art der Problemlösung ist allerdings die Tatsache, dass damit mechanische Spannungen, welche an den Kontaktflächen zu den thermisch isotropen Auflageelementen auftreten, nicht vermieden werden können, was zu Rissbildungen und Zerstörungen angrenzender Schichten führen kann.

30 Die nachteiligen Eigenschaften der Anisotropie einiger Stoffwerte piezoelektrischer Kristalle, wie anisotrope Wärmedehnung oder Querdehnung wird auch in der DE 196 51 227 C behandelt. Bei Erwärmung und bei Druckbelastung dehnen sich an den Kontaktflächen das Messelement und das Auflager zumindest in einer Richtung unterschiedlich aus und es kommt daher zum reibungsbehafteten Gleiten der Teile aufeinander oder zu starken Verspannungen sowohl des Auflagers als auch des Messelementes, weil isotropes und anisotropes Material bestenfalls in einer Richtung dehnungsgespannt sein können. Meist wird daher das Material des Auflageelementes so gewählt, dass sein Wärmedehnungskoeffizient zwischen den jeweiligen Extremwerten des piezoelektrischen Kristallelementes gemessen in der Ebene der Berührungsflächen liegt, so dass auf diese Weise eine Beschränkung der Verspannungen bzw. der Gleitvorgänge erreicht werden kann. Zur Lösung des Problems schlägt nun die DE 196 51 227 C vor, das piezoelektrische Messelement oder die dem piezoelektrischen Messelement zugekehrten Endbereiche beider Auflager in mehrere stab-, rollen- oder stegförmige Elemente zu unterteilen. Weiters müssen die beiden Auflager und das piezoelektrische Messelement in Längsrichtung der stab-, rollen- oder stegförmigen Elemente normal auf die Richtung der Krafteinleitung im Wesentlichen dieselbe Wärmedehnung oder Querdehnung aufweisen. Die Bruchgefahr wird somit dadurch reduziert, dass entweder das piezoelektrische Element oder die beiden Auflageelemente in kleine Elemente unterteilt werden, um so in den einzelnen, verkleinerten Kontaktflächen die Dehnungsunterschiede und somit die sich aufbauenden Materialspannungen gering zu halten. Nachteiligerweise sind derartige Maßnahmen in der Herstellung sehr aufwendig bzw. für manche Anwendungsbereiche, wie etwa Resonatoren bzw. Ultraschallwandler, nicht zielführend anwendbar.

55 Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es geeignete Maßnahmen vorzuschlagen, um bei den eingangs beschriebenen piezoelektrischen Vorrichtungen, wie piezoelektrischen Messelementen oder Resonatoren die Belastungen im Kontaktbereich zwischen anisotropen, piezoelektrischen

Messelementen und den Auflageelementen auf einfache Weise zu minimieren.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass zwischen dem piezoelektrischen Element und dem Auflageelement mindestens ein Anpassungselement angeordnet ist, dessen anisotrope thermische Ausdehnung in der Ebene seiner beiden Kontaktflächen zumindest in der Richtung der maximalen Ausdehnungsunterschiede zwischen jener des piezoelektrischen Elements und des Auflageelements liegt.

Bei vielen Anwendungen bestehen Probleme hauptsächlich in einer Richtung der Kontaktebene, nämlich in jener mit dem maximalen Ausdehnungsunterschied zwischen dem meist isotropen Auflager und dem thermisch anisotropen Messelement. Beispielsweise kann bei Quarz-Elementen meist ein passendes Auflageelement, beispielsweise aus einer Spezialstahllegierung, gewählt werden, dessen thermische Ausdehnung z.B. ungefähr jener entlang der kristallographischen y-Achse des piezoelektrischen Elementes entspricht. Die Richtung der maximalen Ausdehnungsunterschiede ist in diesem Fall die Richtung der optischen z-Achse des piezoelektrischen Elementes. Durch Auswahl eines Anpassungselementes mit Ausdehnungskoeffizienten, welche zwischen jenen des piezoelektrischen Messelementes und dem Auflageelement liegen, wird die mechanische Belastung reduziert und die Bruchgefahr herabgesetzt.

Beispielsweise können Galliumorthophosphat -x-Plättchen als Messelemente mit Kaliumtitanylphosphat-z-Plättchen als Anpassungselementen kombiniert werden. Die Ausdehnungskoeffizienten  $\alpha$  im Bereich 20 bis 100°C in den Kontaktebenen sind wie folgt:

Material	Richtung	$\times 10^{-6}/K$	$\times 10^{-6}/K$
GaPO <sub>4</sub>	z bzw. y	$\alpha_z = 3,9$	$\alpha_y = 11,8$
KTiO <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	x bzw. y	$\alpha_x = 6,8$	$\alpha_y = 9,6$
Spezialstahl	isotrop	8,6	8,6

Die Ausdehnungsunterschiede zwischen GaPO<sub>4</sub> und Stahl können somit durch ein Anpassungselement aus KTiO<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> sowohl in z- als auch in y-Richtung des piezoelektrischen Elementes im Wesentlichen halbiert werden. Es ist auch möglich nichtkristallines Material als Anpassungselement zu verwenden, beispielsweise kohlefaser verstärkte Stähle, welche bei gleichgerichteter Anordnung der Kohlefasern ein anisotropes Ausdehnungsverhalten zeigen.

In einer besonders vorteilhaften Ausführungsvariante der Erfindung ist vorgesehen, dass das Anpassungselement aus dem selben Kristallmaterial wie das piezoelektrische Element besteht, wobei die optische z-Achse des Anpassungselementes in Bezug auf die Kontaktflächen einen spitzen Winkel  $\vartheta$  einschließt und wobei insbesondere die Projektion  $z'$  der optischen z-Achse des Anpassungselementes auf die Kontaktflächen des Anpassungselementes im Wesentlichen parallel oder antiparallel zur optischen z-Achse des piezoelektrischen Elementes ausgerichtet ist.

Vorteilhafterweise kann somit durch einen geeigneten Kristallschnitt aus dem Kristallmaterial des piezoelektrischen Elementes ein Anpassungselement hergestellt werden, dessen optische z-Achse - beispielsweise bei Ausnutzung des longitudinalen Piezoeffektes - um die y-Achse gedreht wird, so dass die optische z-Achse des Anpassungselementes in Bezug auf dessen Kontaktflächen einen Winkel  $\vartheta$  einschließt. Bevorzugt sollte die Projektion  $z'$  der optischen z-Achse des Anpassungselementes auf dessen Kontaktflächen parallel oder entgegengesetzt parallel zur optischen z-Achse des piezoelektrischen Elementes ausgerichtet sein, wobei allerdings Abweichungen um einige Winkelgrade zulässig sind.

Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass die erfindungsgemäßen Anpassungselemente in Abhängigkeit vom Winkel  $\vartheta$  einen Beitrag zum Signal beispielsweise eines Drucksensors liefern können.

Wenn man mit  $\alpha_z$  den Ausdehnungskoeffizienten in Richtung der z-Achse und mit  $\alpha_x$  jenen in Richtung der kristallographischen x-Achse bezeichnet, so ergibt sich für den Ausdehnungskoeffizienten  $\alpha_{z'}$  (Ausdehnung in Richtung der Projektion  $z'$ ) folgender Zusammenhang:

$$\alpha_{z'} = \alpha_z \cos^2 \vartheta + \alpha_x \sin^2 \vartheta \quad (1)$$

Mit Hilfe von (1) lässt sich für konkrete Anwendungsbeispiele, bei welchen der Ausdehnungskoeffizient des isotropen Auflageelements und jener des anisotropen piezoelektrischen Elementes

bekannt sind, der Schnittwinkel  $\vartheta$  für das Anpassungselement berechnen, um eine optimale Anpassung zu erreichen:

$$\sin^2 \vartheta = (\alpha_z - \alpha_z) / (\alpha_x - \alpha_z) \quad (2)$$

Weiters ist es gemäß vorliegender Erfindung auch möglich, zwischen dem piezoelektrischen Element bzw. einem Stapel mehrerer piezoelektrischer Elemente und dem Auflageelement mehrere Anpassungselemente anzutragen, wobei zwischen dem piezoelektrischen Element bzw. einem Stapel mehrerer piezoelektrischer Elemente und dem Auflageelement mehrere Anpassungselemente angeordnet sind, deren thermische Ausdehnung in Richtung der maximalen Ausdehnungsunterschiede jeweils abgestuft ist, derart, dass die Ausdehnungsunterschiede zwischen jeweils aneinanderliegenden Elementen möglichst minimiert sind. Hier kann mit Hilfe von (1) bzw. (2) die Anpassung der Unterschiede im Ausdehnungskoeffizient auf mehrere Anpassungselemente aufgeteilt werden, so dass der Ausdehnungsunterschied zwischen dem isotropen Auflageelement und der z-Richtung des piezoelektrischen Elementes auf beispielsweise drei Anpassungselemente aufgeteilt wird und die jeweiligen Schnittwinkel für die drei Anpassungselemente berechnet werden.

Bei Quarz-x-Plättchen als Messelemente M, mit um die y-Achse gedrehten x-Plättchen als Anpassungselemente A1 bis A3 ergeben sich folgende Drehwinkel  $\vartheta$  für eine optimale Anpassung:

Material	Drehwinkel $\vartheta$	$\alpha_z \times 10^{-6}/K$	$\alpha_y \times 10^{-6}/K$
Quarz M	0°	7,5	15,6
Quarz A1	27°	9,1	15,6
Quarz A2	39°	10,7	15,6
Quarz A3	51°	12,4	15,6
Spezialstahl	isotrop	14,0	14,0

Durch die gewählte Maßnahme kann der große Ausdehnungsunterschied in z-Richtung zwischen Quarz ( $7,5 \cdot 10^{-6}/K$ ) und Stahl ( $14,0 \cdot 10^{-6}/K$ ) auf vier relativ kleine Schritte von jeweils ca.  $1,6 \cdot 10^{-6}/K$  aufgeteilt werden. Aufgrund der Kristallsymmetrie bei Quarz und GaPO<sub>4</sub> ist die Ausdehnung in x- und y-Richtung exakt gleich groß.

Die erfindungsgemäßen Maßnahmen eignen sich sowohl für piezoelektrische Messelemente, bei welchen zwischen zwei krafteinleitenden Auflageelementen zumindest ein piezoelektrisches Element angeordnet ist, wobei zwischen jedem der Auflageelementen und dem zumindest einen piezoelektrischen Element zumindest ein Anpassungselement vorgesehen ist als auch für piezoelektrische Resonatoren bzw. Ultraschallwandler-Anordnungen, wobei zwischen einem piezoelektrischen Element und einem Auflageelement, in welches Ultraschallwellen eingestrahlt bzw. aus welchem Ultraschallwellen detektiert werden, zumindest ein Anpassungselement, vorzugsweise durch Kleben oder Löten, befestigt ist.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand von schematischen Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen Fig. 1 die erfindungsgemäße piezoelektrische Vorrichtung anhand eines piezoelektrischen Druckaufnehmers, Fig. 2 eine Ausführungsvariante eines Druckaufnehmers mit mehreren Anpassungselementen, Fig. 3 eine Variante des Messwandlers unter Ausnutzung des transversalen Piezoeffektes sowie Fig. 4 die erfindungsgemäße Vorrichtung anhand einer Ultraschallwandler-Anordnung.

Der in Fig. 1 dargestellte piezoelektrische Druckaufnehmer 1 weist ein piezoelektrisches Element 2 auf, welches in Ausnutzung des longitudinalen Piezoeffektes parallel zur kristallographischen x-Achse über das obere Auflageelement 3 mit der Kraft F beaufschlagt wird. Daraus resultiert am entgegengesetzten Auflageelement 3 eine Gegenkraft G. Das piezoelektrische Element 2 (z.B. aus GaPO<sub>4</sub>) weist in der Kontaktalebene 4 eine anisotrope thermische Ausdehnung auf, welche in Richtung der optischen z-Achse des piezoelektrischen Elementes 2 einen maximalen Ausdehnungsunterschied im Hinblick auf die thermisch isotropen Auflageelemente 3 erreicht. Der thermische Ausdehnungskoeffizient des piezoelektrischen Elementes 2 in Richtung der kristallographischen y-Achse stimmt bevorzugt mit jenem der Auflageelemente 3 überein, kann aber auch geringfügig davon abweichen. Zur besseren Anpassung der thermischen Ausdehnung ist nun zu beiden

Seiten des piezoelektrischen Elementes 2 in Zwischenlage zum jeweiligen Auflageelement 3 ein Anpassungselement 5 angeordnet. Jedes der Anpassungselemente 5 (z.B. aus GaPO<sub>4</sub>) weist zumindest in der Ebene seiner beiden Kontaktflächen 6 eine anisotrope thermische Ausdehnung auf, welche in der Richtung der maximalen Ausdehnungsunterschiede (im dargestellten Beispiel in Richtung der z-Achse des piezoelektrischen Elementes 2) zwischen jener des piezoelektrischen Elementes 2 und des isotropen Auflageelements 3 liegt.

Im vorliegenden Beispiel wird der Ausgleich der unterschiedlichen thermischen Ausdehnung mit Hilfe von Anpassungselementen 5 erreicht, deren optische z-Achse in Bezug auf die Kontaktflächen 6 um einen Winkel  $\vartheta$  gekippt bzw. um die y-Achse gedreht ist. Die thermische Ausdehnung in Richtung der Projektion z' (Projektion der z-Achse auf die Kontaktfläche 6) liegt zwischen jener des piezoelektrischen Elementes 2 in Richtung z-Achse und jener der isotropen Auflage 3. Weiters ist die Projektion z' der optischen z-Achse des Anpassungselementes 5 parallel oder antiparallel zur optischen z-Achse des piezoelektrischen Elementes 2 ausgerichtet.

Die hier nicht weiter dargestellte Ladungsableitung erfolgt in bekannter Weise über an den Deckflächen des piezoelektrischen Elementes 2 angeordnete Elektroden (z.B. aufgedampfte Metallektroden) und entsprechende Ableitungen.

Wie in Fig. 2 in einer seitlichen Ansicht dargestellt, können auch mehrere piezoelektrische Elemente 2 zu einem Stapel 7 zusammengefasst und zwischen Auflageelementen 3 angeordnet sein. Im Stapel 7 sind die einzelnen piezoelektrischen Elemente 2 so angeordnet, dass sich ihre z-Achsen decken bzw. die y-Achsen entgegengesetzt parallel ausgerichtet sind und somit innerhalb des Stapsels keine Scher- bzw. Schubspannungen auftreten. Als Zwischenlage zu den beiden Auflageelementen 3 können auf beiden Seiten des Stapsels 7 mehrere Anpassungselemente 5 angeordnet sein, welche um die Winkel  $\vartheta_1$ ,  $\vartheta_2$  und  $\vartheta_3$  verdreht sind, um die thermischen Ausdehnungsunterschiede in z-Richtung stufenweise anzupassen. Zur Veranschaulichung sind jeweils die unterschiedliche Ausrichtung der x-Achsen sowie der optischen z-Achsen der Anpassungselemente 5 eingetragen.

Wie in Fig. 3 dargestellt, kann die Erfindung auch bei Druckaufnehmern 1 angewandt werden, die den transversalen piezoelektrischen Effekt ausnützen, d.h. die mechanische Spannung erzeugt eine dazu senkrecht stehende Polarisation, die durch seitliche Elektroden (nicht dargestellt) abgeleitet wird. Bei piezoelektrischen Kristallen der Punktgruppe 32, wie z.B. Quarz oder GaPO<sub>4</sub>, wird dazu eine Druckrichtung verwendet, die parallel zur kristallographischen y-Achse verläuft oder um die x-Richtung dagegen verdreht ist. Im dargestellten Fall liegen die x-Achse und die z-Achse des piezoelektrischen Elementes 2 in der Kontaktalebene 4, sodass auch hier eine anisotrope thermische Ausdehnung in Bezug auf die Auflageelemente 3 (z.B. Spezialstahl mit einem isotropen Ausdehnungskoeffizienten von  $8,6 \cdot 10^{-6}/\text{K}$ ) vorliegt. Die beiden Anpassungselemente 5 bestehen ebenfalls aus GaPO<sub>4</sub> und sind in diesem Fall zur Anpassung der Ausdehnungsunterschiede um die x-Achse gedreht ( $\vartheta = 33^\circ$ ).

Schließlich wird in Fig. 4 das Beispiel eines Resonators bzw. Ultraschallwandlers 8 gezeigt, bei welchem zwischen dem piezoelektrischen Element 2 und dem Auflageelement 3 ein Anpassungselement 5 angeordnet ist. Das piezoelektrische Element 2 wird für die Abstrahlung A von Ultraschallwellen und die Detektion D reflektierter Ultraschallwellen verwendet. Dabei wird das piezoelektrische Element 2 einseitig direkt oder indirekt unter Zwischenlage zumindest eines Anpassungselementes 5 auf die zu untersuchende Struktur bzw. Auflage 3 aufgebracht, so dass ein guter akustischer Kontakt herrscht. Die Befestigung erfolgt z.B. durch Löten oder Kleben.

Für den Ultraschallwandler 8 können z.B. x-Plättchen aus Quarz oder GaPO<sub>4</sub> als piezoelektrisches Element 2 verwendet werden.

#### PATENTANSPRÜCHE:

1. Piezoelektrische Vorrichtung mit zumindest einem piezoelektrischen Element (2), welches in der Kontaktalebene (4) zu zumindest einem Auflageelement (3) eine anisotrope thermische Ausdehnung aufweist, so dass in einer Richtung der Kontaktalebene ein maximaler Ausdehnungsunterschied zwischen dem piezoelektrischen Element (2) und dem Auflageelement (3) besteht, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem piezoelektrischen Ele-

ment (2) und dem Auflageelement (3) mindestens ein Anpassungselement (5) angeordnet ist, dessen anisotrope thermische Ausdehnung in der Ebene seiner beiden Kontaktflächen (6) - zumindest in der Richtung der maximalen Ausdehnungsunterschiede - zwischen jener des piezoelektrischen Elementes (2) und des Auflageelements (3) liegt.

- 5      2. Piezoelektrische Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Anpassungselement (5) aus dem selben Kristallmaterial wie das piezoelektrische Element (2) besteht, wobei die optische z-Achse des Anpassungselementes (5) in Bezug auf seine Kontaktflächen (6) einen spitzen Winkel  $\vartheta$  einschließt.
- 10     3. Piezoelektrische Vorrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Projektion  $z'$  der optischen z-Achse des Anpassungselementes (5) auf die Kontaktflächen (6) des Anpassungselementes im Wesentlichen parallel oder antiparallel zur optischen z-Achse des piezoelektrischen Elementes (2) ausgerichtet ist.
- 15     4. Piezoelektrische Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwischen dem piezoelektrischen Element (2) bzw. einem Stapel (7) mehrerer piezoelektrischer Elemente (2) und dem Auflageelement (3) mehrere Anpassungselemente (5) angeordnet sind, deren thermische Ausdehnung in Richtung der maximalen Ausdehnungsunterschiede jeweils abgestuft ist, derart, dass die Ausdehnungsunterschiede zwischen jeweils aneinander grenzenden Elementen (2, 5, 3) möglichst minimiert sind.
- 20     5. Piezoelektrische Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4 für ein piezoelektrisches Messelement (1), wobei zwischen zwei krafteinleitenden Auflageelementen (3) zumindest ein piezoelektrisches Element (2) angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwischen jedem der Auflageelemente (3) und dem zumindest einen piezoelektrischen Element (2) zumindest ein Anpassungselement (5) angeordnet ist.
- 25     6. Piezoelektrische Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3 **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Realisierung eines piezoelektrischen Resonators oder Ultraschallwandlers (8) zwischen einem piezoelektrischen Element (2) und einem Auflageelement (3), in welches Ultraschallwellen eingestrahlt bzw. aus welchem Ultraschallwellen detektiert werden, zumindest ein Anpassungselement (5), vorzugsweise durch Kleben oder Löten, befestigt ist.
- 30     7. Piezoelektrische Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass das piezoelektrische Element (2) und/oder das Anpassungselement (5) aus Quarz, Galliumphosphat ( $GaPO_4$ ), Kaliumtitanylphosphat ( $KTiO_2PO_4$ ) oder Triglycinsulfat (TGS) bestehen.

35

### HIEZU 3 BLATT ZEICHNUNGEN

40

45

50

55

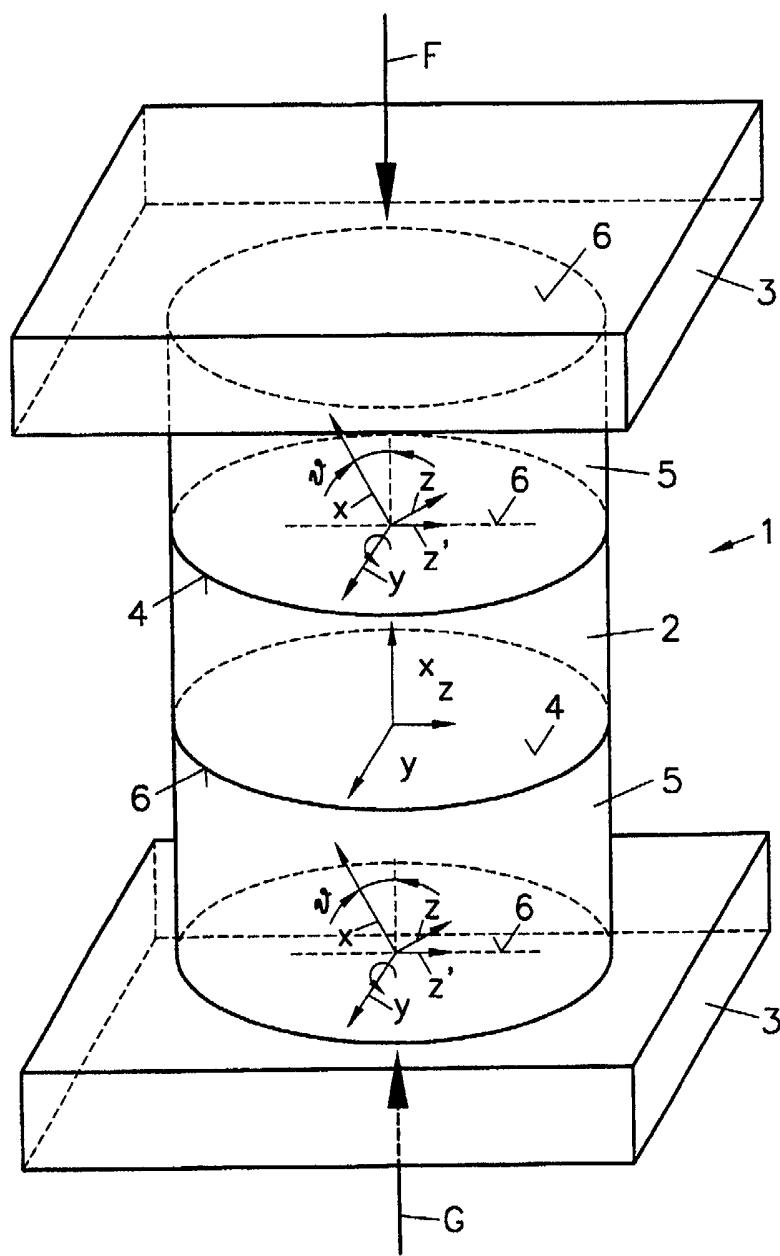


Fig.1

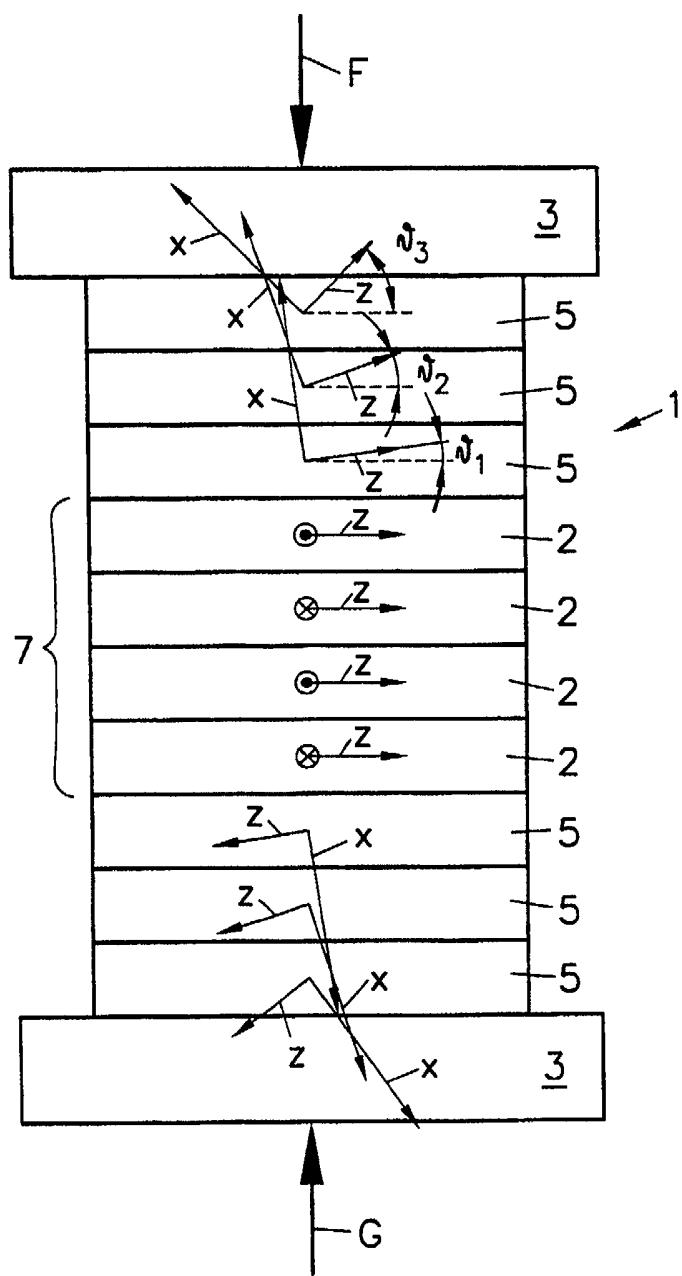


Fig.2

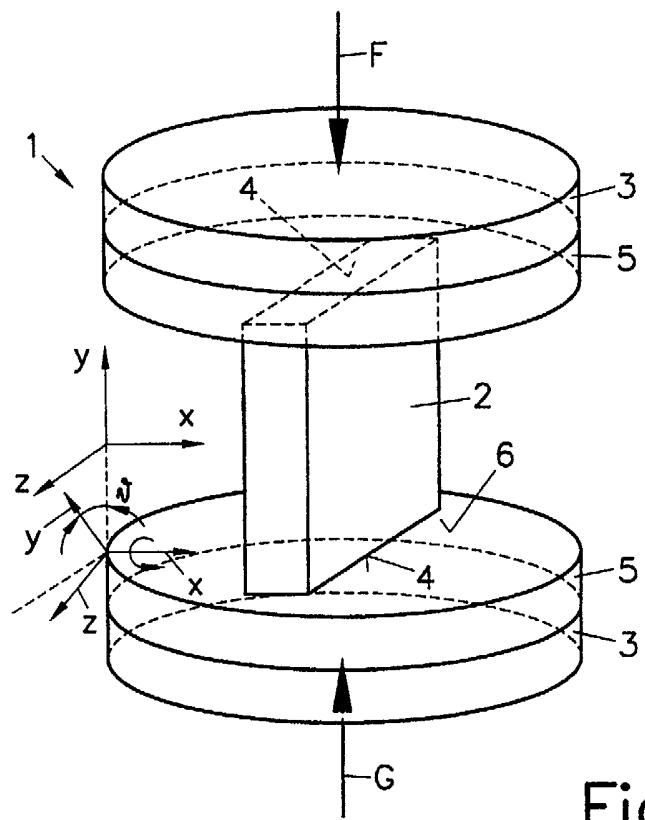


Fig.3

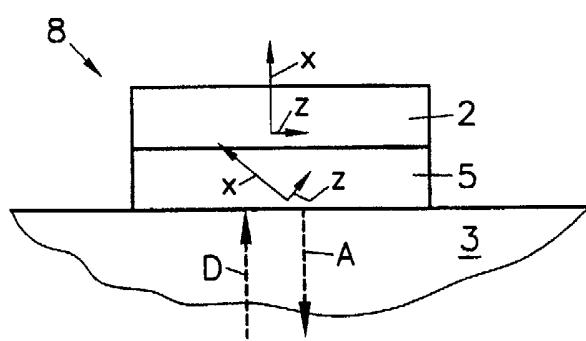


Fig.4